M/M

Transport Canada / Transports Canada

Development / Développement

TP 3963E

Study of Hot Mix Recycling of Asphalt Pavements

Summary Report

Prepared for

Transportation Development Centre
of Transport Canada

and

Roads and Transportation
Association of Canada

January 1983

CA1
DTC S42
83
S73
c.

85-2664/

Library and Information Centre / Centre de Documentation (GSLA)
RECEIVED - REÇU LE
JUN 14 1983
Transport Canada / Transports Canada

TP 3963E

STUDY OF HOT MIX RECYCLING OF ASPHALT PAVEMENTS SUMMARY REPORT

Roads and Transportation Association of Canada
1765 St. Laurent Boulevard
OTTAWA, Ontario

Transportation Development Centre
1000 Sherbrooke Street West
MONTREAL, Quebec

Prepared by

Pavement Management Systems Limited
R.R. #1, Paris, Ontario N3L 3E1

January, 1983

Egalement disponible en français

PROJECT TEAM:

The project team for Pavement Management Systems Limited was composed of:

Frank Meyer, Ph.D., P.Eng.
Ralph Haas, Ph.D., P.Eng.
Brian McArthur
G. Robert Tessier, Msc., ing.
Thomas W. Kennedy, Ph.D.
and others

The contents of this report reflect the views of the contractor and not necessarily the official views or policies of the Transportation Development Centre of Transport Canada or the Roads and Transportation Association of Canada.

© Copyright 1983 by
Roads and Transportation Association of Canada
1765 St. Laurent Blvd., Ottawa K1G 3V4
Tel. (613) 521-4052 Telex 053-3334

REPORT DOCUMENTATION FORM

1. Transport Canada Report No.	2. TDC Project No.	3. Recipient's Catalogue No.
TP 3963E	4243	

4. Title and Subtitle	5. Report Date
Study of Hot Mix Recycling of Asphalt Pavements	January 1983
	6. Performing Organization Report No.

7. Author(s)		8. Transport Canada File No.
Frank Meyer, Ph.D., P.Eng.	G. Robert Tessier, MSc., ing.	D1465-307-6
Ralph Haas, Ph.D., P. Eng.,	T.W. Kennedy, Ph.D., P.E.	

9. Performing Organization Name and Address		10. DSS File No.
Roads and Transportation Association of Canada 1765 St. Laurent Blvd. Ottawa, Ontario K1G 3V4	Pavement Management Systems Limited R.R. #1 Paris, Ontario N3L 3E1	T8200-0-0521
		11. DSS or Transport Canada Contract No. OSD81-00014

12. Sponsoring Agency Name and Address		13. Type of Report and Period Covered
Roads and Transportation Association of Canada 1765 St. Laurent Blvd. Ottawa, Ontario K1G 3V4	Transportation Development Centre (TDC) 1000 Sherbrooke St., W., Ste 2421 Montreal, Quebec H3A 2R3	Summary Sept/81-Dec/82
		14. Sponsoring Agency Code

15. Supplementary Notes	16. TDC Project Officer
Summary of Report TP 3964E	Catherine Hirou

17. Abstract

Interest in hot mix recycling has recently been stimulated by: rising cost of asphalt cement and fuels; depletion and rising costs of readily available conventional aggregate resources; the need to reduce energy consumption; reduction in available funds for transportation facilities due to inflation; and, environmental problems due to mining of aggregate materials.

Since hot mix recycling can offer advantages in all these areas, the overall objective of this project is to encourage the use of this cost and energy efficient strategy in the rehabilitation and maintenance of pavements in the national road system. More specifically, the project objectives, are first, to produce a comprehensive documentation of the how's and why's of hot mix recycling of asphalt pavements including the expected benefits in terms of: cost and energy savings; conservation of asphalt cement, fuels and high quality aggregates; environmental impacts; and reduction of wasted resources; and, second, to promulgate the capabilities of the technology so as to encourage its application on a national scale. Inherent in this objective was the necessity to recommend guidelines for users.

The report identifies and analyses the various current applications of hot mix recycling techniques for furthering such applications on a national scale.

18. Key Words	19. Distribution Statement
hot mix recycling, advantages, cost, energy, asphalt pavement, rehabilitation, maintenance	limited number of copies available from sponsoring agencies

20. Security Classification (of this report)	21. Security Classification (of this page)	22. No. of Pages	23. Price
unclassified	unclassified		

TDC CDT 79 005

FORMULE DE DOCUMENTATION POUR RAPPORT

1. N° du rapport Transports Canada	2. N° de l'étude — CDT	3. N° de catalogue du destinataire
TP 3963E	4243	

4. Titre et sous-titre	5. Date du rapport
Study of Hot Mix Recycling of Asphalt Pavements	Janvier 1983
	6. N° du rapport de l'organisme exécutant

7. Auteur(s)	8. N° de dossier Transports Canada
Frank Meyer, ing., Ph. D. G.-Robert Tessier, ing., M. Sc. Ralph Haas, ing., Ph. D. T.W. Kennedy, ing., Ph. D.	D-1465-307-6

9. Nom et adresse de l'organisme exécutant		10. N° de dossier — ASC
Association des routes et transports du Canada 1765, boulevard Saint-Laurent Ottawa (Ontario) K1G 3V4	Pavement Management Systems Limited R.R. 1, Paris (Ontario) N3L 3E1	T8200-0-0521
		11. N° de contrat — ASC ou Transports Canada OSD81-00014

12. Nom et adresse de l'organisme parrain		13. Genre de rapport et période visée
Association des routes et transports du Canada 1765, boulevard Saint-Laurent Ottawa (Ontario) K1G 3V4	Centre de développement des transports (CDT) 1000, rue Sherbrooke ouest Suite 2421 Montréal (Québec) H3A 2R3	Rapport sommaire (sept. 1981 - déc. 1982)
		14. Code de l'organisme parrain

15. Remarques additionnelles	16. Agent de projet — CDT
Sommaire du rapport TP 3964E	Catherine Hirou

17. Résumé

L'intérêt que l'on porte au recyclage à chaud des revêtements bitumineux a récemment été stimulé par la hausse du coût du bitume et des combustibles, l'épuisement et le coût croissant des granulats traditionnels facilement disponibles, le besoin de réduire la consommation d'énergie, la réduction des budgets affectés à l'infrastructure des transports en raison de l'inflation et, enfin, par les répercussions environnementales de l'extraction des granulats.

Vu que le recyclage à chaud peut présenter des avantages dans tous ces domaines, le présent projet avait pour objectif global d'encourager l'emploi de cette technique rentable et économique en énergie dans la réhabilitation et l'entretien du réseau routier national. En termes plus spécifiques, le projet visait à élaborer une documentation complète sur les raisons et les méthodes associées au recyclage à chaud des revêtements bitumineux et notamment sur les avantages escomptés de cette technique, à savoir: les économies de coût et d'énergie; la conservation du bitume, des combustibles et des granulats de haute qualité; la protection de l'environnement; la réduction du gaspillage des ressources. En outre, il cherchait à promouvoir les mérites de cette technologie et d'encourager son adoption à l'échelle nationale. Par conséquent, il était nécessaire de recommander des lignes directrices à l'intention des usagers.

Ce rapport identifie et analyse les diverses applications actuelles du recyclage à chaud en vue de les promouvoir dans l'ensemble du pays.

18. Mots-clés	19. Diffusion
Recyclage à chaud, avantages, coût, énergie, revêtements bitumineux, réhabilitation, entretien	Nombre limité d'exemplaires disponible auprès de l'ARTC et du CDT

20. Classification de sécurité (de ce rapport)	21. Classification de sécurité (de cette page)	22. Nombre de pages	23. Prix
non classifié	non classifiée		

CDT TDC 79-005

FOREWORD

This summary report documents the status of and presents some guidelines for implementing hot mix recycling of asphalt pavements. It is complemented by an audio-visual package available from Roads and Transportation Association of Canada and a final report Study of Hot Mix Recycling of Asphalt Pavements TP 3964E.

The products document and evaluate activities associated with hot mix recycling, identify some problems and needs, provide some recommendations on the most promising procedures from such points of view as cost and energy effectiveness, so as to encourage the proper applications of hot mix recycling on a national scale.

The products of the project are directed at new users or non-users of hot mix recycling to provide assistance in making the decisions to employ and allow the use of hot mix recycling. Therefore, the audience will primarily be municipalities (cities, towns, counties) and highway regions or districts. Contractors will also benefit from the discussions and guidelines presented in the text.

The products are NOT equipment oriented and therefore do not recommend one plant over another, or modifications to existing systems. Neither do they delve into construction techniques. They are basically non-plumbing documents to provide assistance to the senior decision makers in order to encourage the use of hot mix recycling and to the technical people whose responsibility includes implementing the strategy.

RTAC gratefully acknowledges the joint financing of this project by Transportation Development Centre (TDC) of Transport Canada and the Council on Cooperative Research of Roads and Transportation Association of Canada. The assistance in the initiation of the project by the Transport Canada Highway Transportation Research and Development Advisory Board is appreciated. The management of the contract for these agencies was provided by Mr. John E. Hill of the RTAC secretariat.

It is important to acknowledge the assistance received from the many agencies and individuals who provided input and guidance, especially the RTAC project committee.

Chairman:	Mr. R. Langlois	Ministère des Transports du Quebec
Project Manager:	Mr. J.E. Hill	Roads and Transportation Association of Canada
Members:	Mr. I. Gilbert	Transport Canada Transportation Development Centre
	Mr. G. Heiman	Saskatchewan Highways and Transportation

Mr. R. Kornicky	BP Canada
Mr. J.M. Levesque	Les Entreprises P.E.B. Ltee Quebec City
Mr. W.A. Phang	Ontario Ministry of Transportation and Communications
Mr. G. Trainor	P.E.I. Dept. of Highways and Public Works
Mr. F.D. Young	Manitoba Dept. of Highways and Transportation

The report, summary report and the audio-visual package were prepared by Pavement Management Systems Limited. The views, opinions and conclusions expressed or implied in the text are those of the project team, Dr. Frank Meyer, Dr. Ralph Haas, and Mr. B. McArthur of PMS and PMS staff consultants, Mr. G. Robert Tessier (recently retired Deputy Minister, Quebec Ministère des Transports and Dr. T.W. Kennedy (Associate Dean, University of Texas at Austin).

TABLE OF CONTENTS

Project Team		ii
Report Documentation Form		iii
Foreword		v
List of Figures		viii
1.	THE CONCEPT	1
2.	THE PRELIMINARIES	2
3.	THE RECYCLING OPERATION	4
	3.1 Reclamation	4
	3.2 Preparation	5
	3.3 Mix Design	6
	3.4 Reprocessing	6
	3.5 Relaying	8
4.	THE BENEFITS	8
	4.1 A Saving in Money	8
	4.2 A Saving of Natural Resources	9
	4.3 A Saving in Energy	9
	4.4 Improved Pavement Geometrics	9
5.	THE REQUIREMENTS	10
	5.1 Long-term Planning and Commitment	10
	5.2 Ownership of RAP	10
	5.3 Contractual Flexibility	10
	5.4 Project Planning	10
	5.5 Research	11
6.	CONCLUSIONS	11

LIST OF FIGURES

Figure 1 - Recycled Material 1
Figure 2 - Deteriorated Pavement 1
Figure 3 - Pavement Recycling 2
Figure 4 - The Preliminaries 3
Figure 5 - Five Basic Operations 4
Figure 6 - Milling 4
Figure 7 - Ripping 5
Figure 8 - Stockpile by Composition 5
Figure 9 - Mix Design 6
Figure 10 - Superheated Aggregate Heat Conduction Transfer Method 7
Figure 11 - Direct Heat Transfer Method 7
Figure 12 - Combined Heat Transfer Method 8
Figure 13 - Saving in Money 8
Figure 14 - Saving in Energy 9
Figure 15 - Improved Pavement Geometrics 9
Figure 16 - Long-term Planning 10

1. THE CONCEPT

Recycling used material is not a new concept. Look around you and you can find all sorts of products that are composed of varying amounts of discarded material. Figure 1 shows old newspapers, old clothing, used cans and bottles, scrap metal that can be recycled. Why, we even "recycle" people nowadays, replacing worn out body parts or retraining obsolescent employees for a constantly changing job market.

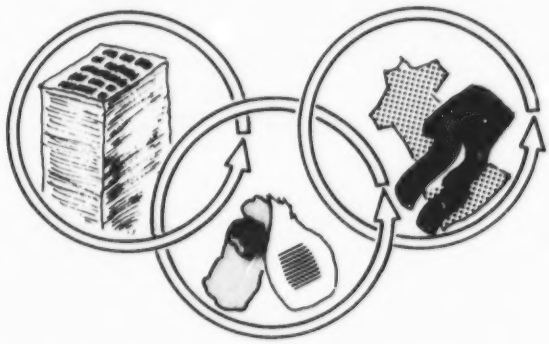

Figure 1 - Recycled Material

But old pavements? Well, why not? Old, deteriorated pavement doesn't always need to be ripped up and thrown away, or simply covered up with an overlay. It represents an increasingly important resource of asphalt binder and aggregate which can be partially or even completely reused. See Figure 2.

Figure 2 - Deteriorated Pavement

Perhaps the reason pavement recycling is a relatively new idea is simply because until the 1970's there was no great urgency to consider it as an alternative. But then...

- energy costs soared
- the supplies of aggregate and asphalt were no longer cheap or always readily available
- public agency budgets were squeezed, with the result that the emphasis shifted from new road construction to maintenance, rehabilitation and reconstruction of the existing inventory of pavements

Pavement recycling, in simple terms, as shown in Figure 3, involves the reutilization of material recovered from old pavements to be used for new construction or for maintenance needs. This Reclaimed Asphaltic Pavement (RAP) is supplemented with new aggregate material, asphaltic binder and, if necessary, a rejuvenating agent according to specifications established for its eventual use as Recycled Pavement with performance characteristics equivalent to new pavement.

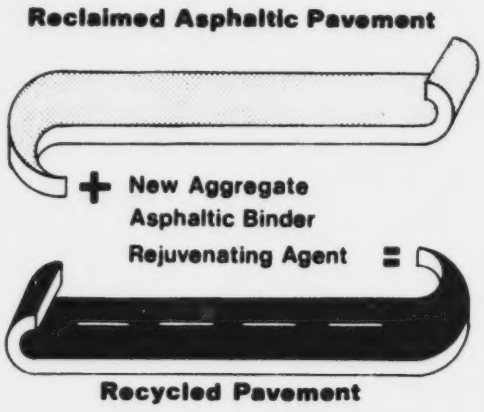

Figure 3 - Pavement Recycling

2. THE PRELIMINARIES

Pavement recycling sounds like a great idea but it's not something that one should plunge into without careful consideration. Some preliminary requirements are necessary. Figure 4 outlines the preliminaries.

Thorough field inspection and inventory data are essential. The nature and severity of the geometric deterioration, the pavement distress (through a condition survey), the ride quality, and the structural adequacy and composition (by deflection, coring and materials testing) all help to identify deficient sections of the road network, and will also provide a guide as to the percentage of recycling that is possible should this alternative be chosen.

When this basic information is available, the rehabilitation techniques possible for each deficient section - reconstruction, resurfacing, recycling or deferment of action-can be considered.

An evaluation of the alternatives on the basis of performance and economic considerations will result in an intelligent final decision as to the most appropriate action to be taken.

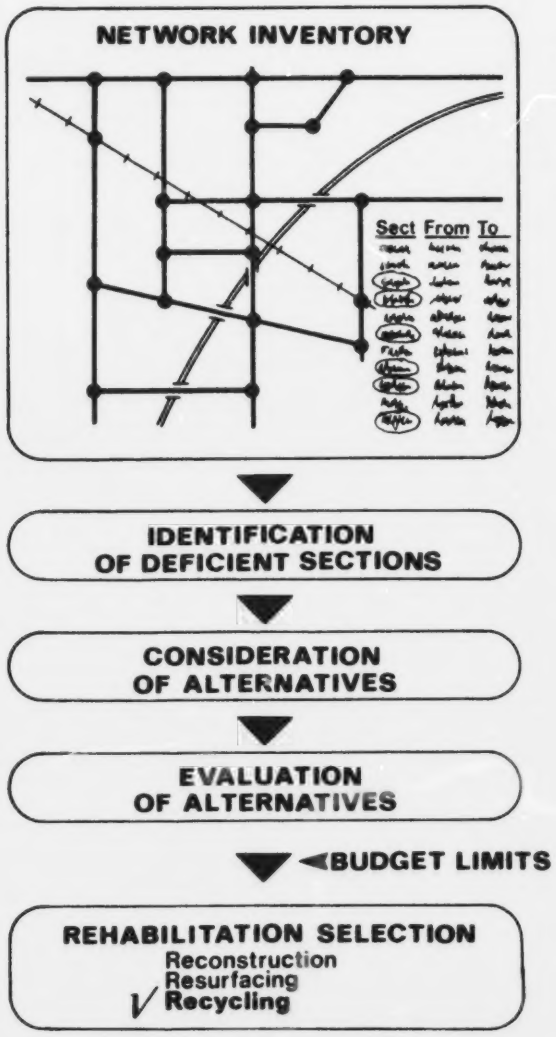

Figure 4 - The Preliminaries

3. THE RECYCLING OPERATIONS

There are five basic operations in a typical recycling project as shown in Figure 5.

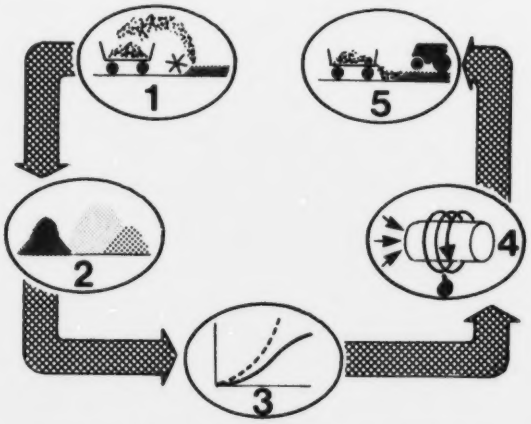

Figure 5 - Five Basic Operations

Reclamation- involves removal of the existing asphalt pavement to obtain the desired reclaimed asphalt pavement, either by partial milling or by full-depth removal

Preparation- involves stockpiling (and crushing if the RAP has been removed in chunks) of the reclaimed material

Mix Design- involves the careful blending of old and new materials

Reprocessing- involves treatment of the reclaimed material with the new additives in a hot-mix plant

Placement- involves the relaying and compaction of the recycled pavement material

3.1 Reclamation

The reclaimed asphalt pavement is obtained by milling (Figure 6) or ripping (Figure 7) and crushing procedures.

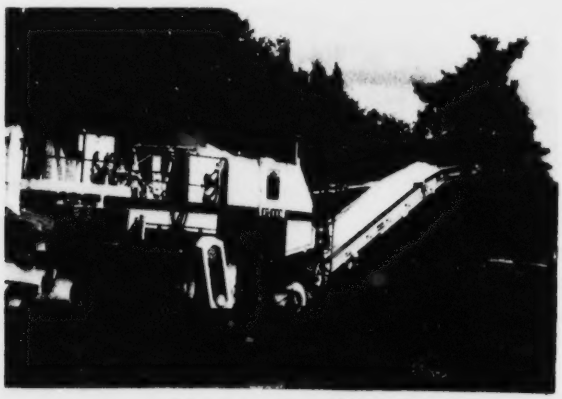

Figure 6 - Milling

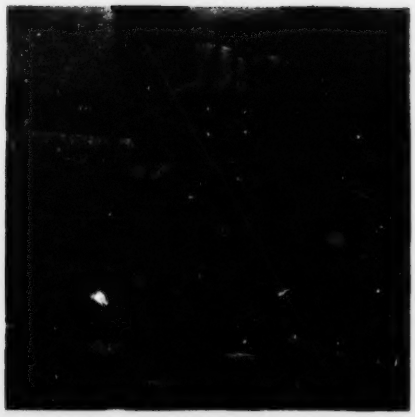

Figure 7 - Ripping

The milling procedure has a number of benefits:

- It can be very effective for reprofiling, thus reducing leveling course requirements.
- It can do a partial lane width (a feature especially useful for urban streets with curbs and gutters).
- It eliminates big chunks and directly produces crushed material which may not need recrushing.
- Traffic flow can be maintained during the reclamation.
- It is not restricted by weather.
- It can be used for surface retexturing alone.

3.2 Preparation

Once the old asphalt has been removed it is transported to a central recycling plant where it is stockpiled according to its composition, and also the method by which the material was reclaimed. (Figure 8) It is extremely important that contamination of the individual piles be kept to a minimum.

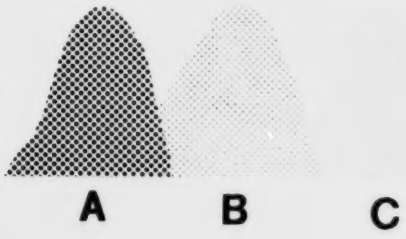

Figure 8 - Stockpile by Composition

If the pavement material has been reclaimed by ripping, it is crushed, sized and stockpiled for either immediate use in plant or for future use.

3.3 Mix Design

The RAP is tested and the eventual recycled mix characteristics are achieved after:

- an extraction for residual binder content, penetration and asphalt characterization (i.e., viscosity, etc.)
- a sieve analysis (because the milling and crushing operations produce an excess of fines which will affect the void content)
- a determination of the amount and type of new binder and/or rejuvenating agent plus aggregate

Usually a softer (i.e., lower penetration) asphalt is used to restore older, harder asphalt. Figure 9 depicts the process.

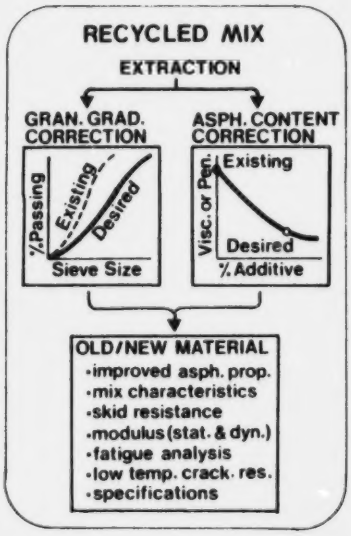

Figure 9 Mix Design

3.4 Reprocessing

The recycled mix is produced in a central plant operation which is usually either a batch or a drum mix plant. There are three major production methods which vary according to the heating procedure used.

a) The superheated aggregate heat conduction transfer (Minnesota) method (Figure 10) is practical for batch plants. The RAP material enters the weigh hopper and pugmill by a chute and belt conveyor from a separate cold feed bin. New or virgin aggregate, which has been superheated, plus the required amount of new binder and/or rejuvenating agent also enters the pugmill. Heat is transferred to the RAP in the pugmill during the mixing and in subsequent transient storage in silos and trucks. Practical ratios of RAP to virgin material usually run at 35/65.

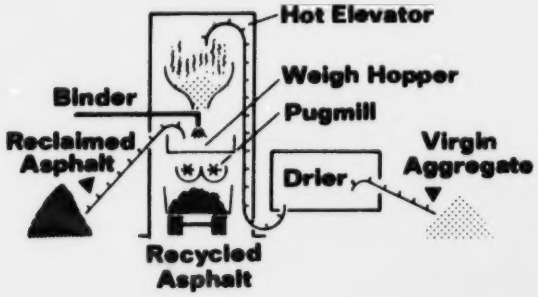

Figure 10 - Superheated Aggregate Heat Conduction Transfer Method

b) The direct heat tranfer method (Figure 11) uses combustion flame and gas to provide heating of the combined RAP and virgin aggregate. Drum mix plants which use this method have to be modified with a heat shield to protect the material from direct contact with the flame. Practical ratios of RAP to virgin material run up to about 75/25.

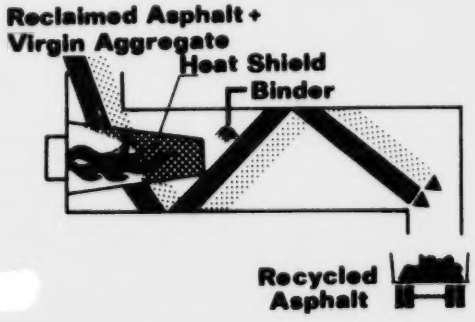

Figure 11 - Direct Heat Transfer Method

c) The combined heat transfer method (Figure 12) also applies to drum mix plants. In this case both superheated virgin aggregate and combustion gas are used with either a double zone drier drum mixer, or a double concentric drum. Virgin aggregate enters the drum at the heater end while the RAP enters halfway down either through a collar, or via the inner drum for the double concentric equipment. Practical ratios of RAP to virgin material run about 60/40.

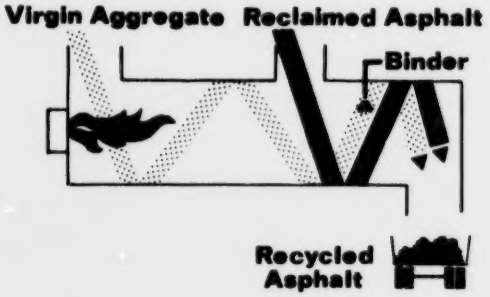

Figure 12 - Combined Heat Transfer Method

3.5 Relaying

Recycled mixes are relaid/compacted in the same manner as conventional mixes.

4. THE BENEFITS

The benefits to be derived from payment recycling are basically four-fold:

4.1 A Saving in Money (Figure 13)

A glance at the accompanying graph shows that in 1981 a RAP/new material mix in a ratio of 30/70 meant a saving of 7% when compared to the application of new asphalt overlay; this would increase to a 14% saving if a ratio of 70/30 is acceptable. By 1986 it is estimated that these savings will double (at the national level this would represent $75M). And this represents only direct costs of materials. There are all sorts of indirect savings attached to transportation and processing costs, extended pavement life, safety improvements, etc.

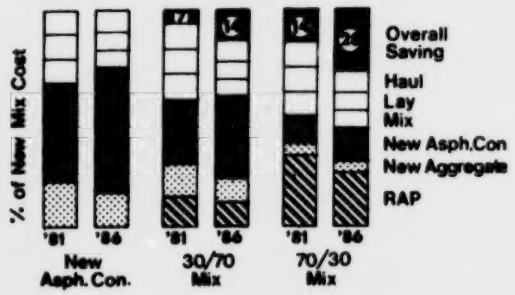

Figure 13 - Saving in Money

4.2 A Saving of Natural Resources and the Environment

Conservation of virgin aggregate material by recycling the aggregate in old pavement will extend the supply of this valuable resource at a time when sources (particularly near urban centres) are being depleted or otherwise restriced. The problem of the disfigurement of the landscape by piles of difficult-to-dispose-of waste pavement material is also reduced.

4.3 A Saving in Energy (Figure 14)

In the same way that aggregate consumption is reduced, the amount of binder required in recycled mixes is also diminished. A new asphalt mix requires 5%-7% binder, whereas a RAP mix uses only 1%-3% additional binder. This represents a saving of forty litres of asphalt cement per tonne of mix. And there are other energy savings in process, transportation, etc.

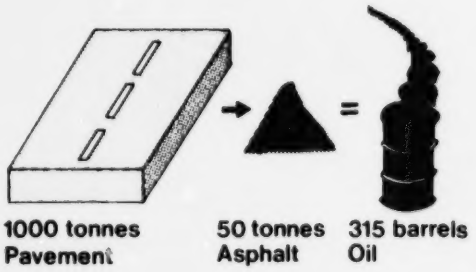

Figure 14 - Saving in Energy

4.4 Improved Pavement Geometrics (Figure 15)

The maintenance of acceptable pavement geometrics - grade, slope, texture, curb height and clearances - is made easy by the use of pavement recycling.

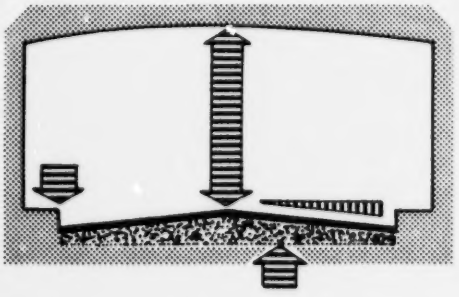

Figure 15 - Improved Pavement Geometrics

5. THE REQUIREMENTS

Pavement recycling has the potential to bring important changes to the pavement management field. Maximum benefits for all concerned can be achieved if municipal and provincial authorities work with the contractor in establishing the proper policies and procedures. The requirements for success can be summarized as follows:

5.1 Long-term Planning and Commitment

Municipal and provincial agencies can help to create a viable market for recycled pavement material by undertaking long-term planning and commitment to its use. Once this has been done, meaningful specifications, bidding procedures, pay items, etc. can be agreed upon between agency and contractor.

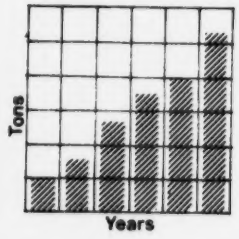

Figure 16 - Long-term Planning

5.2 Ownership of RAP

It is recommended that ownership of reclaimed material be transferred to the contractor. This means that the owner receives instant credit in the form of lower bids for the value of salvaged material removed, and also eliminates the problem of difficult-to-dispose-of waste asphalt stored at public expense.

5.3 Contractual Flexibility

Provided that specifications are adhered to, the contractor should be allowed flexibility in making decisions concerning:

- the method used to reclaim asphalt pavement with a minimum of contaminant
- the source and amount of RAP
- the type of hot-mix plant used
- the time and place to use RAP

5.4 Project Planning

There should be careful analysis of the location and size of possible projects in order to minimize the costs of equipment and material transportation. Grouping projects to take advantage of economies of scale are encouraged.

5.5 Research

The question of the quality of recycled pavement remains unresolved. Only more research will provide a definitive answer as well as solving unforeseen problems as they arise.

6. CONCLUSIONS

The age of recycling is upon us. Everything from bottles, cars and papers to human parts (eyes, kidneys) are being reused.

Over the last decade the asphalt pavement construction industry has realized the potential in reusing the resources that exist in present pavement structures. The necessary equipment has been designed, fabricated, modified, enhanced and employed and the engineering community has designed and used recycled mixtures.

The results have been documented and show:

1. recycling can be viable and economical and assist in stretching pavement dollars,

2. resources employed in building pavements - aggregates and asphalt cement - can be conserved,

3. pavement geometrics can be maintained,

4. potential exists for assisting in preserving our environment, and

5. energy consumption can be less when recycled mixes are used.

The facts exist and have been demonstrated. Now they must be accepted and something done about them. In other words, the product has been developed, now the selling job begins.

MM

Transports Canada
Développement

Transport Canada
Development

TP 3963F

Étude du recyclage à chaud des enrobés bitumineux

Rapport sommaire

Préparé pour

Centre de développement des transports
Transports Canada

et

Association des
routes et transports du Canada

janvier 1983

CA1
DTC 349
83
S73Z
c.2

Canada

TP 3963F

ÉTUDE DU RECYCLAGE À CHAUD DES ENROBÉS BITUMINEUX

RAPPORT SOMMAIRE

Association des routes et transports du Canada
1765, boul. Saint-Laurent
Ottawa (Ontario)

Centre de développement des transports
1000, rue Sherbrooke ouest
Montréal (Québec)

Préparé par:

Pavement Management Systems Limited
R.R. n^{o} 1, Paris (Ontario) N3L 3E1

Library and Information Centre/
Centre de Documentation (GSLA)
JUL 25 1983
Transport Canada / Transports Canada

Janvier 1983

(Also available in English)

COMITÉ D'ÉTUDE:

Membres du comité chargé par la Pavement Management Systems Limited d'étudier la question du recyclage des enrobés bitumineux:

Frank Meyer, ing. (Ph. D.)
Ralph Haas, ing. (Ph. D.)
Brian McArthur
G.-Robert Tessier, ing. (M. Sc.)
Thomas W. Kennedy (Ph. D.)
et plusieurs autres.

Le contenu du présent rapport ne reflète que les opinions de l'auteur et ne saurait en aucun cas engager les politiques et positions officielles du Centre de développement des transports (Transports Canada) et de l'Association des routes et transports du Canada.

©1983 Tous droits réservés par:
L'Association des routes et transports du Canada
1765, boul. Saint-Laurent, Ottawa (Ontario) K1G 3V4
Téléphone (613) 521-4052, télex 053-3334

FORMULE DE DOCUMENTATION POUR RAPPORT

1. N° du rapport Transports Canada	2. N° de l'étude — CDT	3. N° de catalogue du destinataire
TP 3963F	4243	

4. Titre et sous-titre	5. Date du rapport
Étude du recyclage à chaud des enrobés bitumineux	Janvier 1983
	6. N° du rapport de l'organisme exécutant

7. Auteur(s)	8. N° de dossier Transports Canada
Frank Meyer, ing., Ph. D. G.-Robert Tessier, ing., M. Sc. Ralph Haas, ing., Ph. D. T.W. Kennedy, ing., Ph. D.	D-1465-307-6

9. Nom et adresse de l'organisme exécutant		10. N° de dossier — ASC
Association des routes et transports du Canada 1765, boulevard Saint-Laurent Ottawa (Ontario) K1G 3V4	Pavement Management Systems Limited R.R. 1, Paris (Ontario) N3L 3E1	T8200-0-0521
		11. N° de contrat — ASC ou Transports Canada OSD81-00014

12. Nom et adresse de l'organisme parrain		13. Genre de rapport et période visée
Association des routes et transports du Canada 1765, boulevard Saint-Laurent Ottawa (Ontario) K1G 3V4	Centre de développement des transports (CDT) 1000, rue Sherbrooke ouest Suite 2421 Montréal (Québec) H3A 2R3	Rapport sommaire (sept. 1981 - déc. 1982)
		14. Code de l'organisme parrain

15. Remarques additionnelles	16. Agent de projet — CDT
Sommaire du rapport TP 3964E	Catherine Hirou

17. Résumé

L'intérêt que l'on porte au recyclage à chaud des enrobés bitumineux a récemment été stimulé par la hausse du coût du bitume et des combustibles, l'épuisement et le coût croissant des granulats traditionnels facilement disponibles, le besoin de réduire la consommation d'énergie, la réduction des budgets affectés à l'infrastructure des transports en raison de l'inflation et, enfin, par les répercussions environnementales de l'extraction des granulats.

Vu que le recyclage à chaud peut présenter des avantages dans tous ces domaines, le présent projet avait pour objectif global d'encourager l'emploi de cette technique rentable et économique en énergie dans la réfection et l'entretien du réseau routier national. En termes plus spécifiques, le projet visait à élaborer une documentation complète sur les raisons et les méthodes associées au recyclage à chaud des enrobés bitumineux et notamment sur les avantages escomptés de cette technique, à savoir: les économies de coût et d'énergie; la conservation du bitume, des combustibles et des granulats de haute qualité; la protection de l'environnement; la réduction du gaspillage des ressources. En outre, il cherchait à promouvoir les mérites de cette technologie et d'encourager son adoption à l'échelle nationale. Par conséquent, il était nécessaire de recommander des lignes directrices à l'intention des usagers.

Ce rapport identifie et analyse les diverses applications actuelles du recyclage à chaud en vue de les promouvoir dans l'ensemble du pays.

18. Mots-clés	19. Diffusion
Recyclage à chaud, avantages, coût, énergie, enrobés bitumineux, réfection, entretien	Nombre limité d'exemplaires disponible auprès de l'ARTC et du CDT

20. Classification de sécurité (de ce rapport)	21. Classification de sécurité (de cette page)	22. Nombre de pages	23. Prix
non classifié	non classifiée		

CDT TDC 79-005

REPORT DOCUMENTATION FORM

1. Transport Canada Report No.	2. TDC Project No.	3. Recipient's Catalogue No.
TP 3963F	4243	

4. Title and Subtitle	5. Report Date
Étude du recyclage à chaud des enrobés bitumineux	January 1983
	6. Performing Organization Report No.

7. Author(s)	8. Transport Canada File No.
Frank Meyer, Ph.D., P.Eng. G. Robert Tessier, MSc., ing. Ralph Haas, Ph.D., P. Eng., T.W. Kennedy, Ph.D., P.E.	D1465-307-6

9. Performing Organization Name and Address	10. DSS File No.
Roads and Transportation Association of Canada, 1765 St. Laurent Blvd., Ottawa, Ontario K1G 3V4 Pavement Management Systems Limited, R.R. #1, Paris, Ontario N3L 3E1	T8200-0-0521
	11. DSS or Transport Canada Contract No. OSD81-00014

12. Sponsoring Agency Name and Address	13. Type of Report and Period Covered
Roads and Transportation Association of Canada, 1765 St. Laurent Blvd., Ottawa, Ontario K1G 3V4 Transportation Development Centre (TDC), 1000 Sherbrooke St., W., Ste 2421, Montreal, Quebec H3A 2R3	Summary Sept/81-Dec/82
	14. Sponsoring Agency Code

15. Supplementary Notes	16. TDC Project Officer
Summary of Report TP 3964E	Catherine Hirou

17. Abstract

Interest in hot mix recycling has recently been stimulated by: rising cost of asphalt cement and fuels; depletion and rising costs of readily available conventional aggregate resources; the need to reduce energy consumption; reduction in available funds for transportation facilities due to inflation; and, environmental problems due to mining of aggregate materials.

Since hot mix recycling can offer advantages in all these areas, the overall objective of this project is to encourage the use of this cost and energy efficient strategy in the rehabilitation and maintenance of pavements in the national road system. More specifically, the project objectives, are first, to produce a comprehensive documentation of the how's and why's of hot mix recycling of asphalt pavements including the expected benefits in terms of: cost and energy savings; conservation of asphalt cement, fuels and high quality aggregates; environmental impacts; and reduction of wasted resources; and, second, to promulgate the capabilities of the technology so as to encourage its application on a national scale. Inherent in this objective was the necessity to recommend guidelines for users.

The report identifies and analyses the various current applications of hot mix recycling techniques for furthering such applications on a national scale.

18. Key Words	19. Distribution Statement
hot mix recycling, advantages, cost, energy, asphalt pavement, rehabilitation, maintenance	limited number of copies available from sponsoring agencies

20. Security Classification (of this report)	21. Security Classification (of this page)	22. No. of Pages	23. Price
unclassified	unclassified		

TDC/CDT 79-005

PRÉAMBULE

Le présent exposé donne un aperçu de l'état de développement des techniques de recyclage à chaud des enrobés bitumineux et présente les critères devant présider à leur mise en oeuvre. Il est complété par une présentation audio-visuelle et un rapport final.

L'objet de cette étude était de définir et d'analyser les opérations de recyclage à chaud des enrobés bitumineux, d'en faire ressortir les contraintes et de formuler certaines recommandations quant aux méthodes les plus intéressantes tant au point de vue économique qu'énergétique, ceci afin d'en favoriser l'implantation rationnelle à travers le Canada.

Le matériel préparé par le comité d'étude est destiné aux organismes qui pourraient utiliser ou permettre d'utiliser le recyclage à chaud, soit les municipalités (villes, comtés), régions et districts régis par les services de voirie. Les entrepreneurs pourront également bénéficier des renseignements et indications contenus dans le texte.

Le rapport du comité d'étude n'a pas pour objet d'évaluer le matériel de recyclage, d'établir la supériorité d'un type de centrale par rapport à un autre, ni de recommander certaines modifications aux systèmes existants ou d'analyser en profondeur les techniques de construction routière. Il se présente plutôt comme un document de vulgarisation destiné à promouvoir, auprès des cadres et du personnel technique responsables de l'implantation des programmes de voirie, la solution du recyclage à chaud des enrobés bitumineux.

Ont contribué au financement de cette étude, le Conseil de recherche coopérative de l'Association des routes et transports du Canada ainsi que le Centre de développement des transports (CDT) de Transports Canada, et à la mise sur pied du projet, le Conseil consultatif de la recherche et du développement des transports routiers (Transports Canada). La gestion du contrat a été assurée par M. John E. Hill du secrétariat de l'ARTC.

Ont également collaboré à la réalisation du projet, un bon nombre d'organismes et de personnes, dont les membres du comité d'étude de l'ARTC énumérés ci-dessous.

Président:	M. R. Langlois	Ministère des Transports du Québec
Directeur du projet:	M. J.E. Hill	Association des routes et transports du Canada
Membres du comité:	M. I.F. Gilbert	Transports Canada, Centre de développement des transports
	M. G. Heiman	Saskatchewan Department of Highways and Transportation
	M. R. Kornicky	BP Canada

M. J.-M. Lévesque	Les Entreprises P.E.B., Limitée Québec
M. W.A. Phang	Ontario Ministry of Transportation and Communications
M. G. Trainor	P.E.I. Department of Highways and Public Works
M. F.D. Young	Manitoba Department of Highways and Transportation

Le rapport final, le rapport sommaire et le montage audio-visuel ont été réalisés par la Pavement Management Systems Limited. Les opinions, points de vue et conclusions qui y sont exposés sont entièrement assumés par les membres du comité, MM. Frank Meyer, Ralph Haas et B. McArthur de la PMS, et leurs conseillers, MM. C.-Robert Tessier (ancien sous-ministre des Transports du Québec) et T.W. Kennedy (doyen adjoint, Université du Texas à Austin).

TABLE DES MATIÈRES

Comité d'étude		ii
Formule de présentation du rapport		iii
Préambule		v
Liste des figures		viii
1.	CONCEPT	1
2.	ÉTUDE PRÉALABLE	2
3.	OPÉRATIONS DE RECYCLAGE	4
	3.1 Récupération	4
	3.2 Préparation	6
	3.3 Dosage des constituants	6
	3.4 Retraitement	7
	3.5 Épandage	9
4.	AVANTAGES	9
	4.1 Économie de coût	9
	4.2 Économie de matières premières et protection de l'environnement	10
	4.3 Économie d'énergie	10
	4.4 Amélioration du profil de la chaussée	11
5.	PARAMÈTRES	11
	5.1 Planification et investissement à long terme	11
	5.2 Propriété de l'enrobé de récupération	12
	5.3 Souplesse du contrat	12
	5.4 Planification de l'implantation	12
	5.5 Approfondissement de la question	12
6.	CONCLUSIONS	12

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Objets pouvant être recyclés 1
Figure 2 - Revêtement dégradé 1
Figure 3 - Recyclage d'un revêtement 2
Figure 4 - Étude préalable 3
Figure 5 - Les étapes du recyclage 4
Figure 6 - Fraisage 5
Figure 7 - Défonçage 5
Figure 8 - Stockage selon la composition 6
Figure 9 - Dosage des constituants 7
Figure 10 - Procédé de recyclage par transfert de chaleur du granulat d'apport surchauffé 8
Figure 11 - Procédé de recyclage par chauffage direct 8
Figure 12 - Procédé de recyclage par transfert de chaleur combiné 9
Figure 13 - Économie de coût 10
Figure 14 - Économie d'énergie 10
Figure 15 - Amélioration du profil de la chaussée 11
Figure 16 - Planification à long terme 11

1. CONCEPT

Le recyclage des matériaux usés n'est pas un phénomène récent. Il n'y a qu'à regarder autour de nous pour constater qu'une grande variété de produits sont composés de matériaux de rebut; la figure 1 montre qu'on peut recycler les journaux, les vêtements, les bouteilles, les boîtes de conserve et le métal. Même les êtres humains n'y échappent pas: les greffes d'organes et le recyclage professionnel n'en sont-ils pas des exemples éloquents?

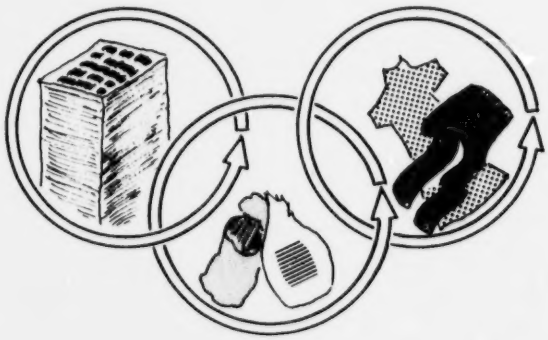

Figure 1 - Objets pouvant être recyclés

Alors pourquoi ne pourrait-on pas recycler les revêtements de chaussées? Auparavant, on démolissait les revêtements dégradés sans en récupérer les matériaux, ou on les recouvrait simplement d'un nouveau revêtement. Désormais, les matériaux sont récupérés car ils constituent une source de plus en plus importante de matière première. Se reporter à la figure 2.

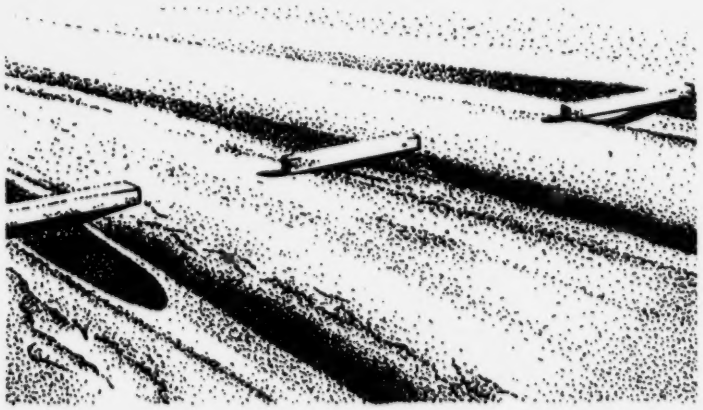

Figure 2 - Revêtement dégradé

Mais pourquoi avoir attendu si longtemps avant de recourir à cette technique? C'est peut-être qu'avant les années 70, la solution du recyclage ne répondait pas vraiment à un besoin pressant; mais advint la crise du pétrole et depuis...

- les coûts d'énergie montent en flèche;

- les sources d'approvisionnement en matériaux granulaires et en produits bitumineux ne nous apparaissent plus comme intarissables et leur prix constitue désormais une part importante des coûts de production;

- la réduction des dépenses publiques a entraîné un changement de direction vers une politique d'entretien, de régénération et de remise en état du réseau routier existant.

Sommairement, le recyclage des revêtements suppose, comme le montre la figure 3, le réemploi des matériaux de récupération, qu'il s'agisse de construction neuve ou de travaux d'entretien. Le matériau de récupération est amélioré par l'addition d'un granulat vierge et d'un liant bitumineux et, au besoin, d'un agent de rajeunissement. Cette technique suppose le respect des critères établis pour redonner à l'enrobé de recyclage les propriétés d'un enrobé neuf.

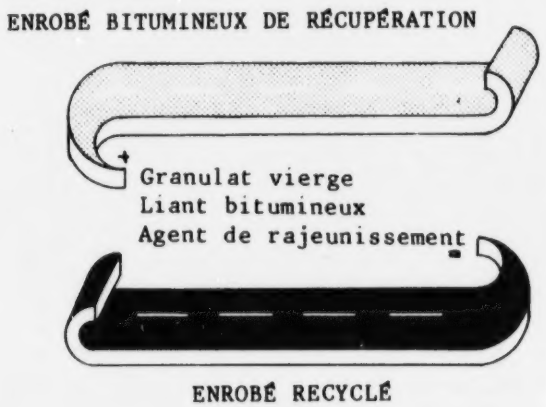

Figure 3 - Recyclage d'un revêtement

2. ÉTUDE PRÉALABLE

Le recyclage d'un revêtement de chaussée peut sembler, à prime abord, une solution fort attrayante, mais il faut se garder de s'y lancer aveuglément. Certains critères doivent être respectés ainsi que l'indique la figure 4.

D'abord et avant tout, il est essentiel de procéder à un examen approfondi de la chaussée et de dresser l'inventaire de ses caractéristiques. Pour localiser les sections dégradées et avoir une indication du taux de recyclage possible dans le cas où cette solution serait retenue, il convient d'analyser les points suivants:

- déformation du profil (nature et gravité);

- mauvais état du revêtement (constaté au cours d'un examen détaillé);

- qualité de roulement;

- état et composition du corps de chaussée (par des essais de déflexion, une série de carottages et une analyse des matériaux).

Les conclusions de cette étude serviront de critères de base dans le choix des solutions pour chaque zone à traiter, soit la reconstruction, la régénération, le recyclage ou la remise à plus tard.

Seule l'évaluation rationnelle des solutions possibles, basée sur des critères de rendement et d'économie, pourra conduire à une décision judicieuse.

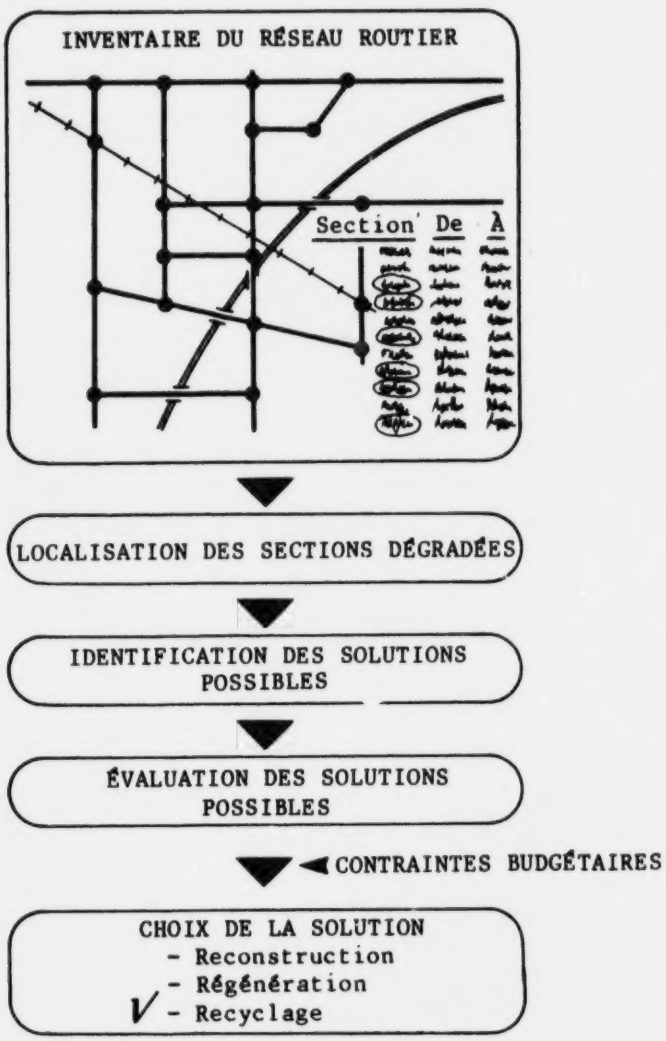

Figure 4 - Étude préalable

3. OPÉRATIONS DE RECYCLAGE

Comme l'indique la figure 5, le recyclage des enrobés bitumineux se déroule en cinq grandes étapes.

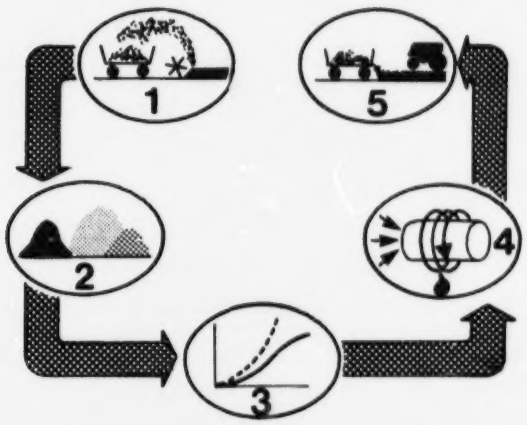

Figure 5 - Les étapes du recyclage

Récupération: enlèvement du revêtement existant pour obtenir le matériau de récupération désiré, en procédant soit au fraisage, soit au défonçage de la chaussée.

Préparation: mise en tas des enrobés de récupération (et concassage si les morceaux sont trop gros).

Dosage des constituants: élaboration du mélange approprié de matériaux de récupération et de matériaux d'apport.

Retraitement: malaxage des matériaux de récupération avec les matériaux d'apport dans une centrale de recyclage à chaud.

Épandage: mise en place et compactage du mélange obtenu par recyclage.

3.1 Récupération

L'enrobé de récupération est obtenu par fraisage du revêtement (figure 6) ou par défonçage de la chaussée et concassage des morceaux obtenus (figure 7).

Figure 6 - Fraisage

Figure 7 - Défonçage

La technique du fraisage offre de nombreux avantages:

- elle permet de faire un très bon reprofilage, ce qui réduit les besoins en couche d'égalisation;
- elle permet de procéder par bandes de largeur partielles (qualité fort utile dans les zones urbaines où les chaussées sont dotées de bordures et de caniveaux);
- elle produit des morceaux de volume réduit qui n'ont pas besoin d'être concassés;
- les travaux de récupération peuvent s'effectuer sans interruption de la circulation;
- elle n'est pas entravée par le mauvais temps;
- on peut y avoir recours simplement pour redonner au revêtement la rugosité voulue.

3.2 Préparation

L'enrobé récupéré est transporté vers une centrale de recyclage où il est stocké séparément selon sa composition et la technique employée pour le fragmenter (figure 8). Il est essentiel d'éviter le plus possible de mêler les divers stocks d'enrobés.

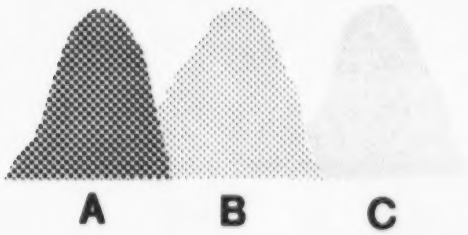

Figure 8 - Stockage selon la composition

Si le matériau a été récupéré par défonçage, il est concassé, criblé et stocké en vue de son retraitement immédiat ou ultérieur.

3.3 Dosage des constituants

L'enrobé de récupération est soumis à des essais, et la formule du mélange de recyclage est élaborée d'après les résultats des opérations suivantes:

- prélèvement d'échantillons pour vérifier la teneur en liant bitumineux, l'indice de pénétrabilité et les caractéristiques du bitume (i.e. viscosité, etc.);

- analyse granulométrique (le fraisage et le concassage produisent un excès de fines influant sur le pourcentage de vides);

- établissement du dosage et de la nature du liant d'apport, de l'agent de rajeunissement le cas échéant, et du granulat.

En règle générale, on emploie un bitume plus fluide (ou pénétrant) que l'ancien pour rajeunir ce dernier, durci avec le temps. Cette méthode est décrite à la figure 9.

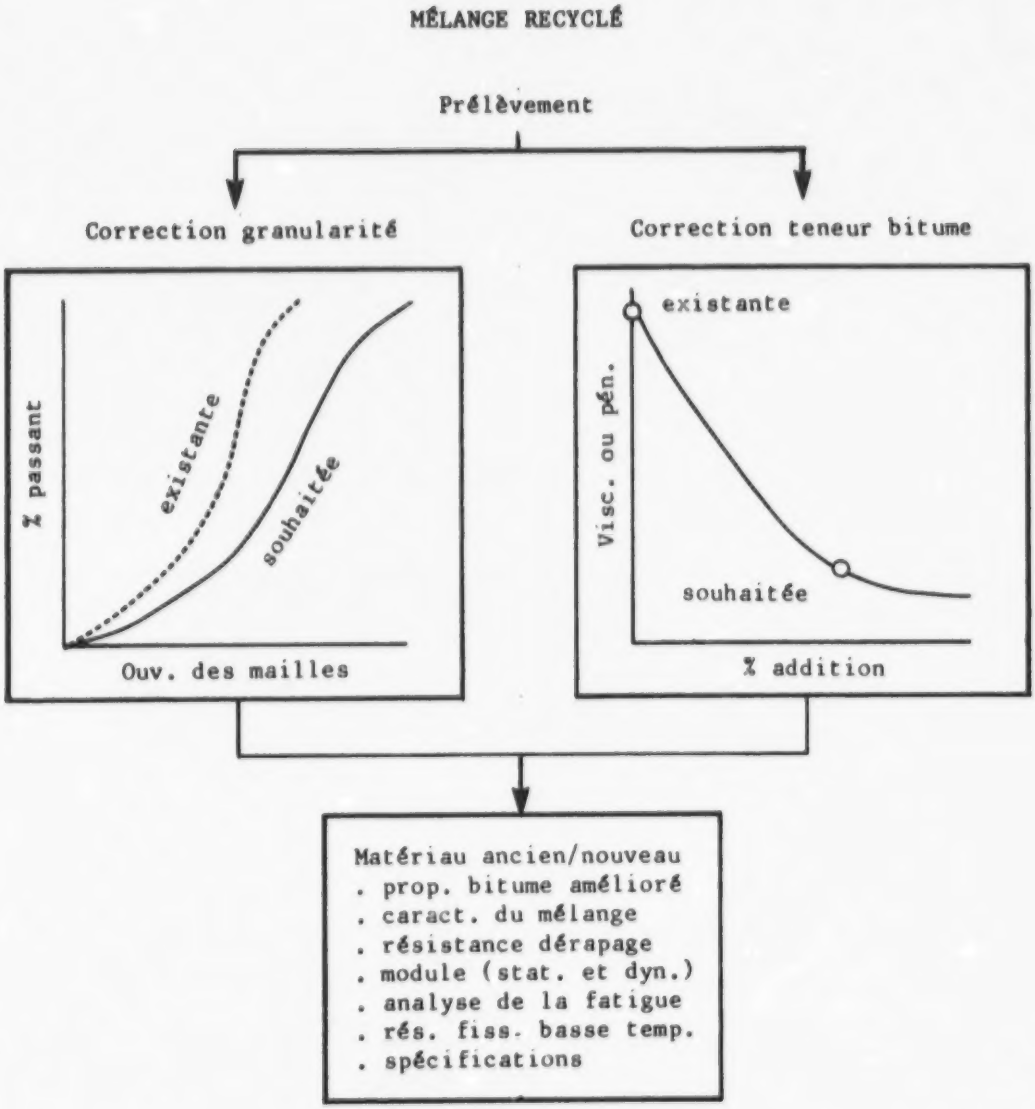

Figure 9 - Dosage des constituants

3.4 Retraitement

Le recyclage proprement dit est effectué dans une centrale constituée généralement soit d'un poste d'enrobage discontinu (par gâchées), soit d'un poste d'enrobage continu. Selon le mode de chauffage utilisé, les techniques de recyclage sont de trois types:

a) Procédé de recyclage par transfert de chaleur du granulat d'apport surchauffé (figure 10)

Cette méthode est indiquée pour les traitements effectués en centrale d'enrobage discontinu. Les enrobés de récupération sortent d'une trémie d'alimentation à froid et sont acheminés, par l'intermédiaire d'une goulotte et d'un convoyeur à courroie, dans la trémie doseuse pondérale et le malaxeur. Le granulat vierge ou d'apport chauffé à haute température, ainsi que la quantité appropriée de liant d'apport et (s'il y a lieu) d'agent de rajeunissement, sont introduits dans le malaxeur. Durant le malaxage et le passage des matériaux de récupération dans les silos et les bennes de camions, il s'exerce un transfert de chaleur entre le granulat d'apport surchauffé et l'enrobé de récupération. Cette méthode permet habituellement un taux de recyclage de 35/65.

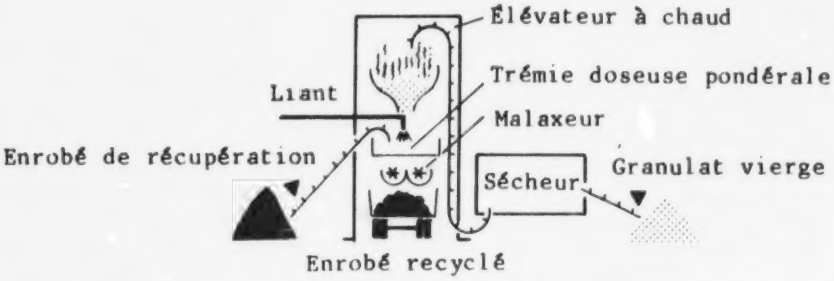

Figure 10 - Procédé de recyclage par transfert de chaleur du granulat d'apport surchauffé

b) Procédé de recyclage par chauffage direct (figure 11)

L'enrobé de récupération et le granulat d'apport sont chauffés ensemble par les flammes et les gaz de combustion. Cette méthode est indiquée pour les traitements effectués en postes d'enrobage continu, mais ceux-ci doivent être équipés d'un écran spécial afin de protéger les matériaux du contact direct avec la flamme. Elle permet habituellement un taux de recyclage d'environ 75/25.

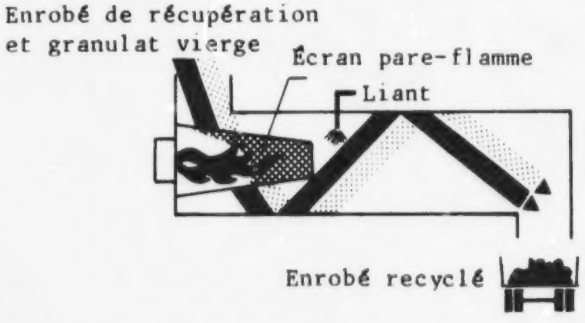

Figure 11 - Procédé de recyclage par chauffage direct

c) Procédé de recyclage par transfert de chaleur combiné (figure 12)

Tout comme la précédente, cette méthode convient aux postes d'enrobage continu mais, dans ce cas, le granulat d'apport surchauffé et les gaz de combustion sont tous deux utilisés, en association avec un sécheur à deux tambours côte à côte ou un sécheur à deux tambours concentriques. Le granulat vierge est introduit dans le tambour chauffant et l'enrobé de récupération est versé dans l'autre tambour, par la voie d'un anneau, dans le cas du poste à tambours côte à côte ou du tambour interne dans le cas du poste à tambours concentriques. Cette méthode permet habituellement un taux de recyclage d'environ 60/40.

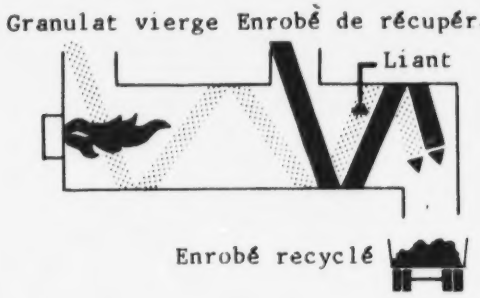

Figure 12 - Procédé de recyclage par transfert de chaleur combiné

3.5 Épandage

Les matériaux de recyclage sont répandus et compactés de la même façon que les enrobés traditionnels.

4. AVANTAGES

L'entretien des chaussées par recyclage des enrobés présente essentiellement quatre avantages.

4.1 Économie de coût (figure 13)

Le graphique de la figure 13 nous montre qu'en 1981, un taux de recyclage de 30/70 permettait une réduction de 7 % des coûts d'entretien par rapport à la méthode traditionnelle d'épandage d'enrobés entièrement neufs. Cette réduction pourrait atteindre 14 % si un taux de 70/30 s'avérait acceptable. On estime que ces chiffres auront doublé en 1986, ce qui représenterait une économie de 75 millions de dollars à l'échelle nationale. Et il ne s'agit ici que des coûts directement imputables aux matériaux. Le recyclage des enrobés permet aussi des économies indirectes à divers postes: réduction des coûts de transport et de traitement des matériaux, accroissement de la durée de vie du revêtement, amélioration de la sécurité routière, etc.

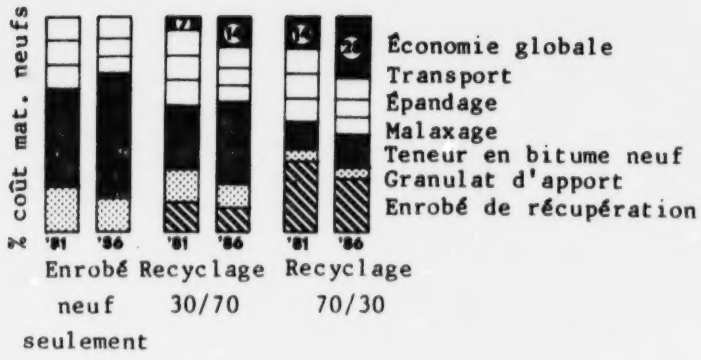

Figure 13 - Économie de coût

4.2 Économie de matières premières et protection de l'environnement

La réfection des chaussées par recyclage des enrobés permet d'économiser nos précaires réserves de granulats vierges, principalement celles qui se trouvent à proximité des agglomérations urbaines. Elle contribue en outre à réduire sensiblement la dégradation du paysage causée par l'accumulation de stocks de matériaux de rebut difficiles à éliminer.

4.3 Économie d'énergie (figure 14)

Non seulement le recyclage des enrobés permet-il d'économiser les granulats d'apport, mais il réduit également la quantité de liant hydrocarboné requise pour obtenir le mélange d'enrobés. Pour un nouvel enrobé, il faut de 5 à 7 % de liant, alors qu'un enrobé de recyclage ne requiert qu'une dose de 1 à 3 % de liant d'apport, ce qui représente une économie de 40 litres de liant bitumineux par tonne d'enrobés, sans compter les économies de traitement, de transport, etc.

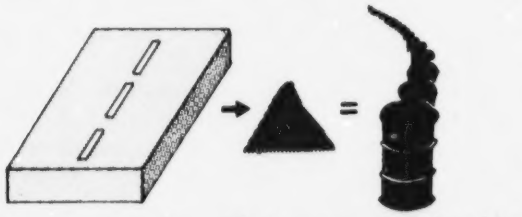

Figure 14 - Économie d'énergie

4.4 Amélioration du profil de la chaussée (figure 15)

L'entretien du profil de la chaussée -- niveau, déclivité, rugosité, hauteur de bordure et dégagements -- est grandement simplifié par le recyclage des enrobés.

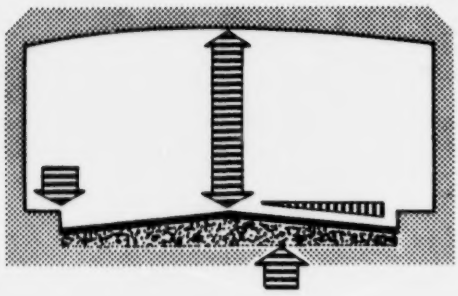

Figure 15 - Amélioration du profil de la chaussée

5. PARAMÈTRES

Le recyclage des enrobés peut modifier sensiblement les techniques de gestion des chaussées. Pour optimaliser les opérations, les autorités municipales et provinciales doivent élaborer, de concert avec l'entrepreneur, des politiques et méthodes rationnelles reposant sur les paramètres suivants.

5.1 Planification et investissement à long terme

Les organismes municipaux et provinciaux peuvent contribuer à poser les bases d'une industrie de recyclage des enrobés en adoptant une politique de planification et d'investissement à long terme. C'est ce paramètre qui conditionne l'accord des entrepreneurs et des corps publics sur l'élaboration de devis appropriés, de formalités de soumission, de modalités de calcul des prix, etc.

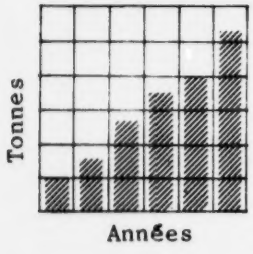

Figure 16 - Planification à long terme

5.2 Propriété de l'enrobé de récupération

Il est recommandé de remettre la propriété du matériau de récupération à l'entrepreneur qui, en quelque sorte, créditera d'autant le maître de l'ouvrage en lui présentant une soumission réduite du montant de l'estimation du matériau. Cette disposition permet en même temps de résoudre le problème de l'élimination des enrobés de rebut stockés aux frais des contribuables.

5.3 Souplesse du contrat

Tout en l'obligeant à respecter les exigences du devis, le contrat devrait permettre à l'entrepreneur de prendre ses propres décisions concernant ce qui suit:

- le choix de la méthode de récupération permettant de limiter le plus possible la contamination des matériaux;
- la provenance et la quantité d'enrobés de récupération;
- le type de poste de recyclage à chaud utilisé;
- le moment et le lieu d'utilisation des enrobés de récupération.

5.4 Planification de l'implantation

L'emplacement et l'importance des centrales de recyclage doivent être étudiés avec le plus grand sérieux afin de réduire les frais de transport du matériel et des matériaux. Il est recommandé d'implanter les postes de recyclage au carrefour de plusieurs chantiers d'entretien afin de réduire les frais d'exploitation.

5.5 Approfondissement de la question

La qualité des revêtements de chaussées recyclés demeure toujours problématique. Seule une étude approfondie de la question permettra de trouver la solution et de parer aux impondérables.

6. CONCLUSIONS

Nous sommes déjà à l'ère du recyclage. Tout peut se recycler: des bouteilles aux organes humains comme les yeux et les reins, en passant par les voitures, le papier, etc.

Au cours de la dernière décennie, l'industrie de la construction routière a découvert l'intérêt que peut présenter le recyclage des revêtements existants pour l'entretien des voiries. Le matériel est au point et a déjà franchi toutes les étapes de la conception, de la fabrication et de la modification, jusqu'à celles du perfectionnement et de l'exploitation; en ce qui concerne les matériaux, les spécialistes ont élaboré les formules de dosage des mélanges de recyclage et en ont éprouvé les performances in situ.

L'analyse des résultats permet de conclure que:

1. le recyclage des enrobés bitumineux est une solution rentable et économique pour l'entretien des chaussées;

2. les matériaux employés dans la construction des chaussées -- granulats et liants bitumineux -- peuvent être économisés;

3. le recyclage permet d'entretenir le profil des chaussées;

4. le recyclage contribue à la protection de l'environnement;

5. le recyclage des enrobés permet d'économiser l'énergie.

La technologie du recyclage est au point et ne demande qu'à être exploitée. La preuve est faite: c'est la solution de l'avenir!